

# Análise dos impactos ambientais do tráfego rodoviário em Portugal, Roménia, Espanha e Suécia

Eloísa MACEDO<sup>1</sup>, João Teixeira<sup>1</sup>, Pavlos Tafidis<sup>1</sup>, Margarida C. Coelho<sup>1</sup>, Jorge M. Bandeira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Mecânica, Centro de Tecnologia Mecânica e Automação  
Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal

[macedo@ua.pt](mailto:macedo@ua.pt), [jpteixeira@ua.pt](mailto:jpteixeira@ua.pt), [pavlostafidis@gmail.com](mailto:pavlostafidis@gmail.com), [margarida.coelho@ua.pt](mailto:margarida.coelho@ua.pt),  
[jorgebandeira@ua.pt](mailto:jorgebandeira@ua.pt)

## Resumo

*O setor dos transportes é responsável por grande parte da emissão de poluentes e a União Europeia tem vindo a introduzir medidas de padrões tecnológicos em motores para promover uma mobilidade mais eficiente e ecológica. O presente estudo avalia a contribuição do parque automóvel nas emissões de poluentes e nos custos associados em quatro países Europeus com diferentes características: Portugal, Roménia, Espanha e Suécia. Os resultados mostram que uma mudança tecnológica nos motores dos veículos contribui para reduzir impactos ambientais e económicos dos transportes. Apesar do crescimento da frota, nos últimos anos assistiu-se a uma estabilização ou mesmo diminuição nas emissões, mas comparativamente aos dados do ano 2000, Portugal foi o único a apresentar um decréscimo nas emissões de CO<sub>2</sub>.*

## Introdução

Na Europa, o transporte rodoviário é um dos setores que mais contribui para emissões de poluentes; em particular, estima-se que o setor dos transportes é responsável por 20% das emissões totais de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), um dos principais gases com efeito de estufa.<sup>1,2</sup> As condições de condução, a qualidade do combustível, bem como as características do veículo, como o tipo de motor, o sistema de controlo de emissões e a tecnologia utilizada são fatores determinantes para as emissões.<sup>3</sup> A promoção da utilização do transporte coletivo e dos modos suaves, aliada à adoção de padrões de emissão e restrições técnicas em veículos, são possíveis soluções mitigadoras das emissões de CO<sub>2</sub>.<sup>4</sup> Neste sentido, a União Europeia tem vindo a desenvolver e promover políticas de transporte rodoviário eficientes, seguras e sustentáveis, que conduzam ao menor impacto possível no meio ambiente. Para alcançar os seus objetivos estratégicos, várias medidas regulatórias têm sido introduzidas para incentivar a implementação de determinados padrões de tecnologia por forma a desenvolver motores cada vez mais ecológicos. Por exemplo, a introdução de conversores catalíticos permitiu reduzir significativamente as

emissões de monóxido de carbono.<sup>1</sup> Recentemente, foi apresentada uma proposta legislativa que estabelece novos padrões de emissão de CO<sub>2</sub> para automóveis.<sup>5</sup> As normas europeias de emissão (normas Euro) fixam os limites para emissões de gases de escape e os novos veículos devem ser desenvolvidos usando tecnologias de controlo das emissões de modo a cumprir os padrões estabelecidos. Alguns estudos mostram que a qualidade do combustível pode efetivamente contribuir para as emissões de poluentes. Por exemplo, um estudo recente relacionado com análise de misturas de combustíveis demonstrou que determinados veículos com uma mistura de combustível de 85% de etanol derivado de gramíneas e 15% de gasolina reduz os gases de efeito de estufa em 59.4%; no entanto, os resultados obtidos também sugerem um aumento no consumo total de energia em aproximadamente 101%.<sup>6</sup> Um outro estudo aponta que uma forma eficaz na mitigação de emissões poluentes requer autoridades locais munidas de ferramentas para tomar decisões coerentes e robustas, por exemplo, recorrendo a uma plataforma desenvolvida com o intuito de auxiliar a tomada de decisão no que concerne a medidas focando a melhoria na eficiência e tecnologia, a substituição por combustíveis ou misturas de combustíveis alternativos, e a redução da procura alterando a arquitetura urbana.<sup>7</sup>

A composição das frotas nacionais de automóveis assume um papel de destaque em termos de impactos significativos nas emissões e no consumo de energia. No âmbito do projeto Interreg Europe CISMOB, o presente trabalho pretende fornecer uma avaliação e análise do contributo da composição do parque automóvel nas emissões de poluentes, bem como mostrar a evolução dos custos de emissões para quatro países europeus que apresentam diferentes características: Portugal, Roménia, Espanha e Suécia. Esta análise pode ser de interesse para autoridades locais, entidades de gestão e planeamento de transportes e decisores políticos, na medida em que os resultados e conclusões podem facilitar a identificação das melhores práticas e medidas adequadas a implementar para garantir uma gestão mais eficiente dos sistemas de transportes.

## **Metodologia**

Em termos metodológicos destacam-se três etapas: análise das frotas nacionais; estimativa das emissões e estimativa dos custos associados.

### **Análise das Frotas**

Para a análise das frotas nacionais foram utilizados dados disponibilizados nos sítios web da PORDATA<sup>8</sup> e da EMISIA<sup>9</sup> e trabalhados por forma a ter uma visão geral do que as distingue em termos de número e tipo de veículos, distâncias percorridas, e de características tecnológicas relacionadas com motores que cumprem determinadas normas de emissões.

### Estimativa das Emissões

Para efeitos de estimativa das emissões poluentes anuais associadas ao transporte rodoviário de cada país em estudo recorreu-se a dados oficiais e ao software para cálculo de emissões COPERT 4 (EMISIA). A análise incidiu nos poluentes dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), partículas finas (PM<sub>2.5</sub>), óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>), compostos orgânicos voláteis (VOC) e compostos orgânicos voláteis não-metânicos (NMVOC).

### Estimativa dos Custos

Os custos associados às emissões de vários poluentes foram calculados com base nos valores de referência recentemente atualizados<sup>10</sup> e apresentados na tabela seguinte.

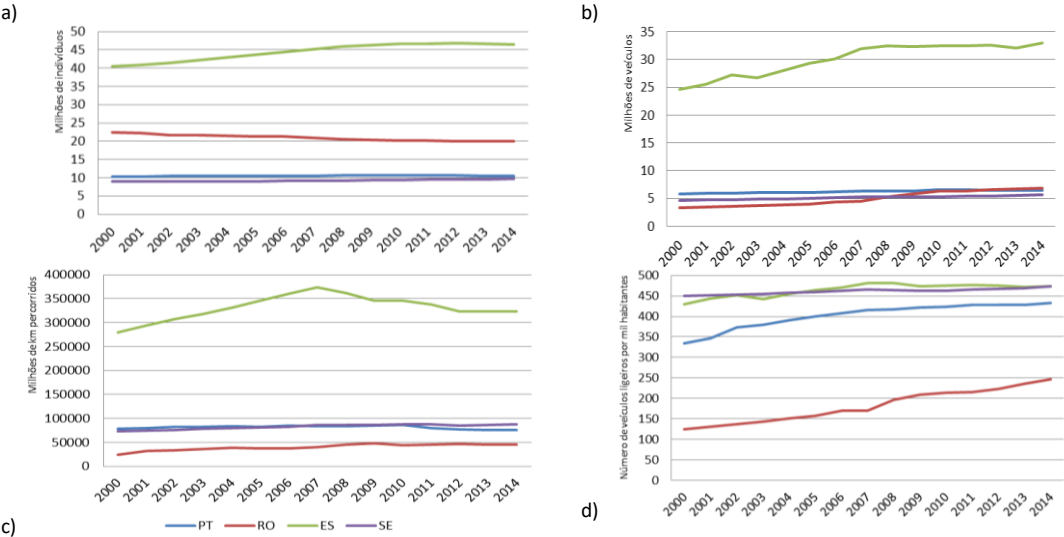
**Tabela 1:** Custos de emissões de poluentes usados como valores referência<sup>10</sup>

País	CO <sub>2</sub>	NMVOC	NO <sub>x</sub>	PM 2.5		
				autoestrada	rural	urbano
Portugal (PT)	90	1048	1957	18371	49095	196335
Romania (RO)		1796	22893	56405	84380	231620
Espanha (ES)		1135	4964	14429	48012	195252
Suécia (SE)		974	5247	14578	50210	197450

### Análise das Frotas Nacionais

Nesta secção procura-se apresentar um breve estudo da evolução do parque automóvel de cada caso de estudo, nomeadamente, Portugal, Roménia, Espanha e Suécia. A Figura 1 reúne informação relativa a características nacionais, como a evolução: a) da população, b) do número de veículos que constituem a frota, c) do número de quilómetros percorridos, e d) do número de veículos ligeiros por mil habitantes. A Figura 1a) mostra uma tendência decrescente da população Romena, claramente em contraste com o contínuo e acentuado aumento que se verifica em Espanha até 2012, período a partir do qual tem mostrado uma tendência decrescente. A evolução da população em Portugal mostra-se praticamente estabilizada durante o período em análise, apresentando um ligeiro decréscimo a partir de 2011. Na Suécia verifica-se um contínuo aumento na população. Da Figura 1b) observa-se um crescimento, no geral, contínuo e especialmente acentuado entre 2003 e 2007, do número de veículos em Espanha. A mesma tendência pode ser observada na Roménia, sendo mais vincado entre os anos 2007 e 2010. As evoluções em Portugal e Suécia são semelhantes para o período 2000-2012, apresentando uma tendência ligeira de crescimento. Portugal evidencia desde 2012 uma quebra ténue até 2014, provavelmente devido à crise económica, enquanto que o número de veículos na Suécia continua a aumentar. A Figura 1c) mostra a evolução da distância percorrida por cada frota nacional, e observam-se diferentes tendências quando se comparam tais evoluções. Em Espanha, a tendência foi de crescimento até 2007, e

decréscimo até 2012, altura em que se tem mantido perto dos 325000 milhões de quilómetros percorridos, enquanto que na Roménia a tendência tem sido, no geral, de crescimento aproximando-se nos últimos anos de 50000 milhões de quilómetros percorridos. Portugal e Suécia apresentam uma tendência de ligeiro crescimento até 2010, altura que Portugal exhibe um decréscimo, ao passo que a Suécia continua a aumentar o número de quilómetros percorridos.

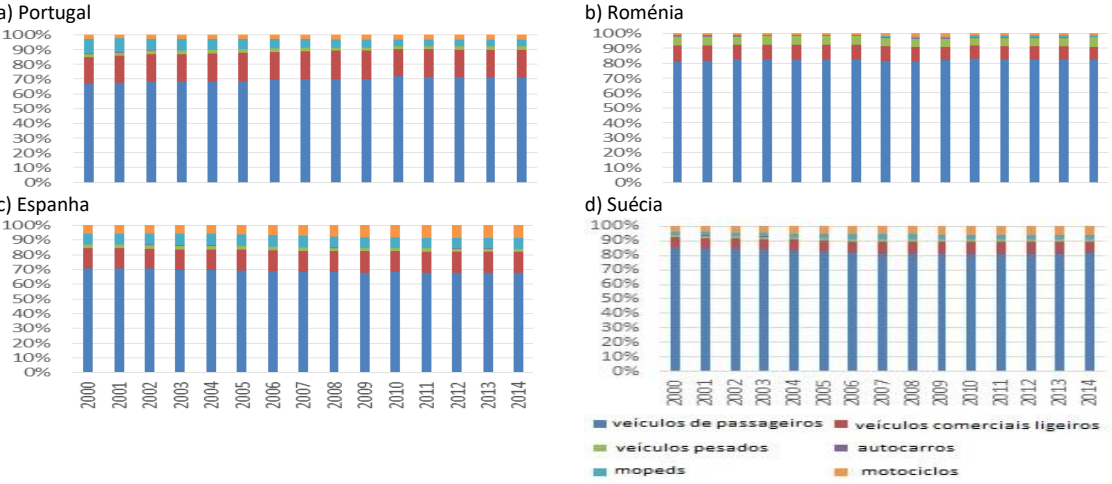


**Figura 1:** Evolução geral de características e frotas nacionais em Portugal, Roménia, Espanha e Suécia em termos de: a) população; b) número de veículos; c) milhões de quilómetros percorridos; d) número de veículos ligeiros por mil habitantes.<sup>8,9</sup>

A Figura 1d) mostra a evolução do número de veículos ligeiros por mil habitantes. Na Suécia, esse valor tem tido pouca oscilação, mantendo-se aproximadamente entre os 450 e 470 veículos. Observa-se um crescimento em Portugal e na Roménia, sendo que no primeiro caso, o valor de 430 veículos em 2014 face ao ano 2000 representa um aumento de 27%, enquanto que na Roménia passou para o dobro. Destaca-se que durante o período em estudo, Portugal e Roménia apresentam os valores mais baixos relativamente ao número de veículos ligeiros por mil habitantes. Espanha tem apresentado uma tendência de crescimento com leves oscilações e a partir de 2011 um decréscimo, sendo em 2014 cerca de 470 veículos ligeiros por mil habitantes.

A Figura 2 apresenta a evolução da composição das frotas nacionais. Pode observar-se que cerca de 70% da frota em Portugal e Espanha é constituída por veículos de passageiros, enquanto que na Roménia e na Suécia a percentagem sobe aproximadamente 10%. Em particular, na Espanha pode-se observar um leve decréscimo no número destes veículos nos últimos anos (cerca de 3%), ao passo que na Suécia, assistiu-se a um decréscimo até 2009 a rondar os 5%. Em Portugal pode-se verificar um ligeiro aumento até 2010, seguido de uma tendência de diminuição. Ainda assim, em 2014, a percentagem de veículos de passageiros mantém-se acima

dos 70%. Em Portugal tem-se verificado uma percentagem praticamente constante, a rondar os 20%, para os veículos comerciais ligeiros. Nos restantes países, essa percentagem é menor. Os dados permitem concluir que na Suécia, o número de veículos comerciais ligeiros tem vindo a aumentar. Relativamente a veículos pesados, a Roménia tem apresentado a maior percentagem (6%). Durante o período em estudo, em Espanha, a percentagem de motociclos tem vindo a aumentar, sendo o país com maior percentagem, aproximando-se dos 9% nos últimos anos.

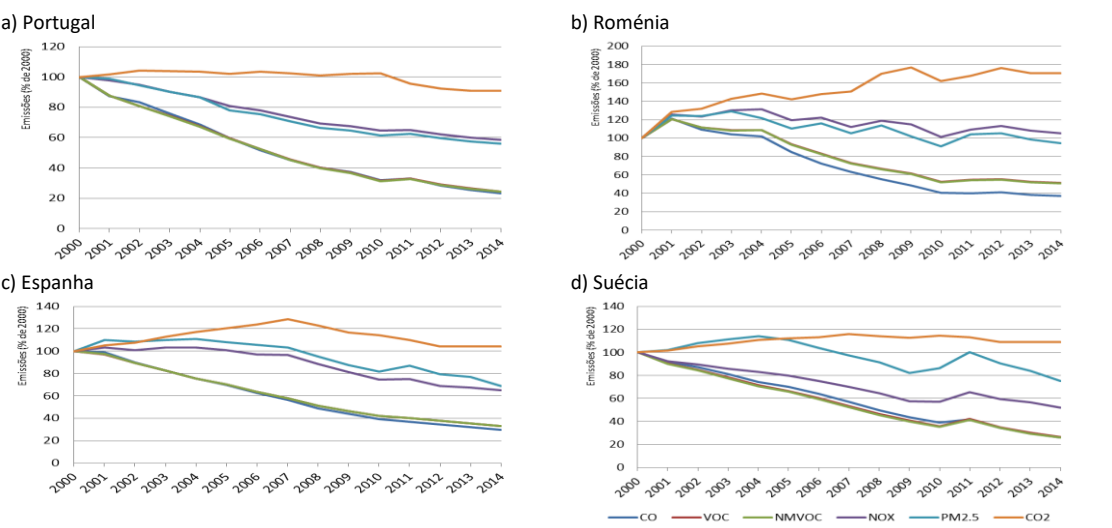


**Figura 2:** Evolução da composição das frotas de veículos em a) Portugal; b) Roménia; c) Espanha e d) Suécia.

# Apresentação e Discussão dos Resultados

## Evolução das emissões de poluentes

A Figura 3 mostra a evolução em termos percentuais das emissões destes poluentes tendo por base os valores do ano 2000.



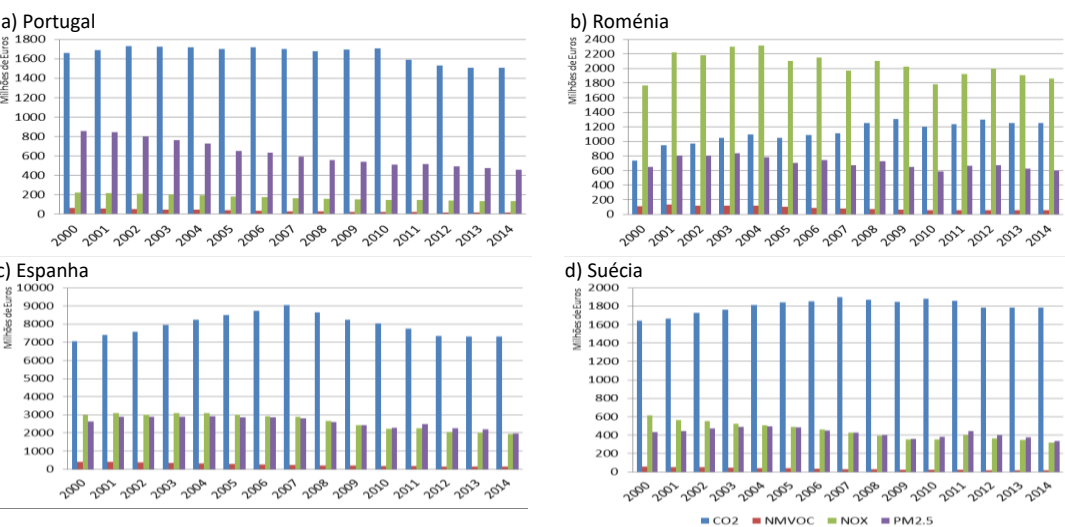
**Figura 3:** Evolução das emissões dos poluentes no setor do transporte rodoviário em a) Portugal; b) Roménia; c) Espanha e d) Suécia (referência: ano 2000).

Relativamente às emissões de CO, VOC e NMVOC, os dados sugerem que a evolução das emissões destes poluentes tem comportamentos similares em todos os países analisados. No geral, tem-se assistido a um claro decréscimo, apresentando em 2014 um valor de aproximadamente menos 70-75% de emissões destes poluentes face ao ano 2000 em Portugal, Espanha e Suécia. Destaca-se que entre 2010-2011, registou-se em Portugal e na Suécia uma ligeira oscilação nesta tendência. Relativamente às emissões de CO, VOC e NMVOC na Roménia, os dados sugerem um aumento de cerca de 20% em 2011 (tendo como referência os valores do ano 2000), seguido de uma tendência de decréscimo até 2010 a rondar os 60% para o caso das emissões de CO e 50% para VOC e NMVOC. Na Roménia, estas relações praticamente não se alteraram nos últimos anos. Quanto às emissões de PM<sub>2.5</sub> e NO<sub>x</sub>, a evolução destes poluentes apresenta também algumas similaridades. Em Portugal, o único país que sempre registou uma tendência de decréscimo nas emissões destes poluentes, registou-se em 2014 um decréscimo de 40% face a 2000. Em Espanha, registou-se em 2011 um aumento de cerca de 20% nas emissões de PM<sub>2.5</sub> e de 5% nas de NO<sub>x</sub>. A tendência que se seguiu foi, em geral, de descida até 2010, registando-se na altura um decréscimo face ao ano 2000 de 20% e 25%, respetivamente. Em 2011, assistiu-se a um ligeiro aumento nas emissões de PM<sub>2.5</sub>, mas a uma estabilização nas emissões de NO<sub>x</sub>. Nos últimos anos a tendência é de descida, registando-se em 2014 uma redução de sensivelmente 30% nestes poluentes. Na Roménia pode-se observar um aumento face aos valores de referência 2000 de aproximadamente 25% nas emissões de PM<sub>2.5</sub> e NO<sub>x</sub>. Os dados mostram bastantes oscilações, mantendo-se ainda em 2009 com valores acima dos registados no ano 2000. Nos últimos anos, a tendência de descida mantém-se, destacando-se que em 2014 registou-se uma redução de aproximadamente 5% face aos valores do ano 2000 nas emissões de PM<sub>2.5</sub>, mas um aumento de 5% nas emissões de NO<sub>x</sub>. Na Suécia a evolução das emissões dos poluentes PM<sub>2.5</sub> e NO<sub>x</sub> foi diferente. Em particular, assistiu-se a um aumento de 15% nas emissões de PM<sub>2.5</sub> até 2004, altura em que a tendência se inverteu até 2009, registando-se uma redução face a 2000 de aproximadamente 20%. Destaca-se que se pode observar que os valores das emissões de PM<sub>2.5</sub> apresentados em 2011 foram muito idênticos aos registados no ano de referência. Os progressos dos últimos anos permitiram um decréscimo de 25% destas emissões. Relativamente à evolução das emissões de NO<sub>x</sub> na Suécia, pode-se verificar uma tendência de descida até 2010, representando nesta altura um decréscimo de mais de 40% face aos valores de 2000. No entanto, pode-se assistir a um aumento em 2011 de aproximadamente 10% relativamente ao ano anterior. A tendência nos últimos anos é decrescer, registando-se em 2014 uma redução face a 2000 de aproximadamente 50% nas emissões de NO<sub>x</sub>. No geral, embora se possa observar nos últimos anos uma estabilização ou mesmo diminuição de emissões de CO<sub>2</sub>, provavelmente devido à crise económica, estas apresentam valores ainda assim preocupantes. De facto, tendo por base os valores de emissões de CO<sub>2</sub> em 2000 pode

verificar-se que Portugal é o único país em estudo que mostrou claramente um progresso no sentido da descarbonização, apresentando desde 2011 valores de emissões de CO<sub>2</sub> mais baixos que no ano de referência. Em 2014, Portugal apresentou um decréscimo nas emissões de CO<sub>2</sub> de 10% face ao ano 2000. Os resultados mostram que em Espanha e na Suécia os valores aumentaram significativamente até 2007, sendo esse aumento relativamente a 2000 de aproximadamente, 20% e 30%, respetivamente. A Roménia foi o país que apresentou uma evolução mais evidente, com várias oscilações, atingindo um máximo em 2009 representando um aumento face a 2000 de 80%. De facto, difere dos restantes países, porque ainda está numa evolução crescente dos veículos e quilómetros percorridos, o que se reflete no aumento das emissões (principalmente, CO<sub>2</sub>).

### Evolução dos custos

Por questões que se prendem com a disponibilidade de fatores de custo, apenas foram estimados os custos associados às emissões de CO<sub>2</sub>, NMVOC, NO<sub>x</sub> e PM2.5. A figura que se segue mostra a evolução dos custos das emissões destes poluentes considerando as frotas nacionais ao longo do período 2000-2014.



**Figura 4:** Evolução dos custos das emissões durante o período 2000-2014 em a) Portugal; b) Roménia; c) Espanha e d) Suécia.

A Figura 4 permite concluir que os custos maiores em Portugal, Espanha e Suécia estão associados às emissões de CO<sub>2</sub>, enquanto que na Roménia é relativamente às emissões de NO<sub>x</sub>. Destaca-se também que os dados sugerem que Portugal foi o único país cujos custos associados às emissões de CO<sub>2</sub> para os últimos 4 anos se encontram abaixo dos custos estimados para o ano 2000. A Figura 4a) mostra que os custos em Portugal com as emissões de CO<sub>2</sub> têm tido ligeiras oscilações entre 2000 e 2011 registando-se valores entre os 1600 e 1800 milhões de Euros. No entanto, nos últimos anos tem-se assistido a um decréscimo nestes valores, representando em

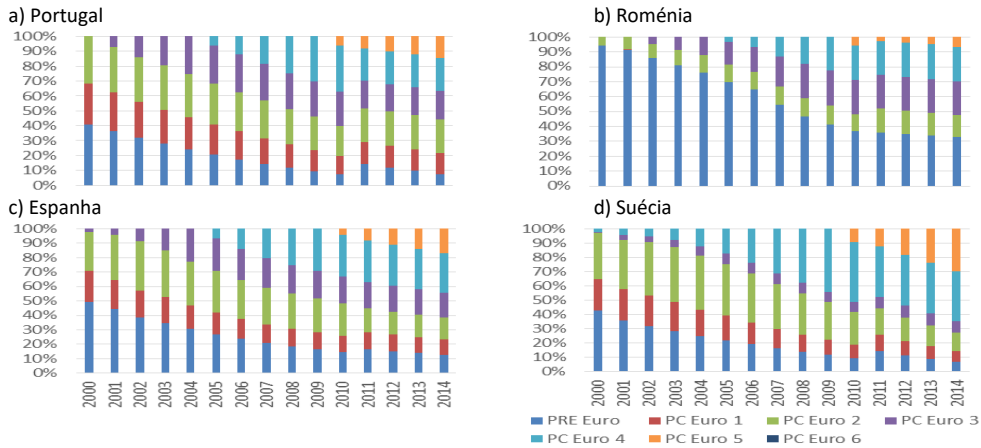
2014 aproximadamente 1500 milhões de Euros. Mais evidente é a tendência de descida que se pode verificar relativamente aos custos com as emissões de PM<sub>2.5</sub>. Nos últimos anos esses valores rondam os 450 milhões de Euros, representado praticamente metade dos custos estimados para o ano 2000. Esta tendência também pode ser observada nos custos estimados para as emissões dos restantes poluentes. De realçar que, nos últimos anos, os custos com as emissões de NO<sub>x</sub> se encontram muito próximos dos 100 milhões de Euros, representando praticamente metade do estimado para o ano 2000. Relativamente aos custos com as emissões de PM<sub>2.5</sub> podemos verificar que as estimativas são muito semelhantes às calculadas para a Suécia e apresentados na Figura 4d). Em particular pode-se verificar que os custos são mínimos (sempre abaixo dos 50 milhões de Euros) e apresentando uma tendência de decréscimo. Verifica-se que os custos com CO<sub>2</sub> na Suécia têm-se sofrido oscilações, atingindo um máximo em 2007 de cerca de 1900 milhões de Euros. Nos últimos anos encontram-se muito próximos dos 1800 milhões de Euros, representado um aumento de quase 200 milhões de Euros face aos valores estimados para 2000. Comparativamente ao caso de Portugal, a Suécia apresenta uma diferença evidente relativamente aos custos para as emissões de NO<sub>x</sub> e PM<sub>2.5</sub>. Em Portugal os custos associados às emissões de PM<sub>2.5</sub> durante o período em estudo são claramente superiores aos de NO<sub>x</sub>, contrariamente ao que acontece na Suécia em que se registaram oscilações. Além disso, os custos para NO<sub>x</sub> em Portugal são bastante inferiores aos estimados para a Suécia, representando uma proporção de aproximadamente 1:3. Quanto aos custos associados ao CO<sub>2</sub> em Espanha pode-se observar na Figura 4c) uma tendência de subida até 2007, em que se registou um máximo de cerca de 9000 milhões de Euros, seguido de uma tendência de descida. No entanto, os valores estimados para os últimos anos aproximam-se dos 7000 milhões de Euros. Os custos estimados para as emissões de NO<sub>x</sub> e PM<sub>2.5</sub> são muito próximos um do outro, apresentado até 2009 oscilações com as mesmas tendências. A partir de 2010, os custos associados ao NO<sub>x</sub> tendem a baixar. Em 2014 as estimativas dos custos associados às emissões de NO<sub>x</sub> e PM<sub>2.5</sub> rondam os 2000 milhões de Euros, representando uma redução de mais de 1000 milhões e 500 milhões de Euros, respetivamente. A Figura 4b) apresenta as estimativas dos custos associados a emissões de poluentes rodoviários na Roménia. Pode-se observar que os custos com as emissões de CO<sub>2</sub> têm sofrido oscilações, mas evidencia-se uma tendência de crescimento, sendo mais de 1200 milhões de Euros em 2013, o que representa um aumento de praticamente o dobro face aos valores para o ano de 2000. Os custos mais elevados recaem sobre os associados às emissões de NO<sub>x</sub>. Estes têm apresentado um comportamento inconstante e oscilando, atingindo um máximo a rondar os 2300 milhões de Euros em 2004. Dez anos depois, baixam cerca de 500 milhões de Euros. Relativamente aos custos com as emissões de PM<sub>2.5</sub> podem-se verificar diversas oscilações ao longo do período em análise, atingindo um máximo em 2003 de aproximadamente 800 milhões de Euros, altura a partir da qual pode-se



referir uma leve tendência de decréscimo, apresentando em 2014 cerca de 200 milhões de Euros, o que não representa uma descida vincada face aos custos estimados para o ano de 2000. Os custos associados às emissões de NMVOC são maiores na Roménia, quase negligenciáveis nos últimos anos para Portugal e Suécia.

### Evolução das tecnologias

No que se segue, iremos focar a análise nos veículos de passageiros, uma vez que representam a maior percentagem na composição das frotas dos países em estudo.



**Figura 5:** Evolução da percentagem de veículos de passageiros com motores que cumprem as normas de emissões em a) Portugal; b) Roménia; c) Espanha e d) Suécia.

A Figura 5 mostra a evolução da distribuição de motores de veículos de passageiros que cumprem as normas de emissões para Portugal, Roménia, Espanha e Suécia. Todos os países em estudo apresentam uma tendência de decréscimo do número de veículos PRE Euro até 2011, altura em que apresentam, com a exceção da Roménia, um ligeiro aumento. Destaca-se que na Roménia, a frota de veículos de passageiros era constituída na sua maior parte por veículos com motores que cumprem somente normas PRE Euro: mais de 80% até 2003. Observa-se que no ano de 2000, a Suécia tinha veículos de passageiros que cumpriam a norma Euro 4, ao passo que nos restantes países, isso só se verificou a partir de 2005. Em Espanha e na Suécia, a tendência decrescente tem-se verificado para veículos que cumprem as normas Euro 1 e Euro 2, sendo mais evidente na Suécia.

### Conclusões

A análise de dados históricos do parque automóvel permite ter uma visão da evolução das tecnologias implementadas, das emissões de poluentes, bem como dos custos associados. Este tipo de análise é importante para fazer previsões futuras e formular políticas que possam ser usadas para gerir as emissões de poluentes. Neste trabalho procurou-se analisar o parque automóvel dos países em estudo e apresentar estimativas de emissões de vários poluentes rodoviários, bem como os

custos associados. Destaca-se uma redução significativa em termos de emissão de CO, VOC, NMVOC e NO<sub>x</sub> em todos os países analisados. Durante o período em estudo, a percentagem de veículos com novas normas de emissão foi aumentando em cada país. Paralelamente, e embora se tenha verificado um decréscimo nos custos associados às emissões de CO<sub>2</sub>, outras medidas para uma utilização mais sustentável das infraestruturas serão necessárias. Relativamente a políticas de transportes, estes resultados permitem tecer algumas considerações gerais: necessidade de reduzir drasticamente as emissões nocivas dos transportes; custos associados às emissões continuam a ser elevados; uso mais sustentável das infraestruturas pode aliviar estes custos; necessidade de desenvolvimento de tecnologias de propulsão menos poluentes. No entanto, os resultados deste estudo mostram que as restrições e limites impostos pela União Europeia são fundamentais para controlar as emissões de gases.

## Agradecimentos

Os autores agradecem aos Projetos Estratégicos UID-EMS-00481-2013-FCT e CENTRO-01-0145-FEDER-022083, e aos projetos: CISMOB (PGI01611, financiado pelo Programa Interreg Europe); @CRUISE (PTDC/EMS-TRA/0383/2014, financiado pelo Projeto 9471 - Reforçar a Investigação, o Desenvolvimento Tecnológico e a Inovação e pelo European Community Fund FEDER). J. Bandeira agradece ainda o apoio da Fundação para a Ciência e a Tecnologia através da Bolsa SFRH/BPD/100703/2014.

## Referências

1. European Environment Agency, "Air quality in Europe - 2017 report", Luxembourg, EU, 2017.
2. E. Avaritsioti, "Environmental and economic benefits of car exhaust heat recovery", *Transportation Research Procedia*, **14** 1003-1012 (2016).
3. C. S. T. Barbosa, "Caracterização da composição elementar de PM<sub>2.5</sub> emitidas por veículos", Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, 2013.
4. F. Cavallaro, R. Danielis, S. Nocera and L. Rotaris, "Should BEVs be subsidized or taxed? A European perspective based on the economic value of CO<sub>2</sub> emissions", *Transportation Research Part D: Transport and Environment* (2017).
5. European Commission, "Setting emission performance standards for new passenger cars and for new light commercial vehicles as part of the Union's integrated approach to reduce CO<sub>2</sub> emissions from light-duty vehicles and amending Regulation (EC) No 715/2007", Brussels, 2017.
6. W.-R. Chang, J.-J. Hwang and W. Wu, "Environmental impact and sustainability study on biofuels for transportation applications", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **67** 277-288 (2017).
7. B. McBain, M. Lenzen, G. Albrecht and M. Wackernagel, "Reducing the ecological footprint of urban cars", *International Journal of Sustainable Transportation*, **12**(2) 117-127 (2018).
8. PORDATA, "Estatísticas, gráficos e indicadores de Municípios, Portugal e Europa", 2017. Disponível em <http://www.pordata.pt>.
9. Emisia SA, "COPERT data", 2017. Disponível em <http://emisias.com/products/copert-data>.
10. A. Korzhenevych, N. Dehnen, J. Bröcker, M. Holtkamp, H. Meier, G. Gibson, A. Varma, V. Cox, "Update of the Handbook on External Costs of Transport", Final Report, 2014.